

Karakter Vegetatif Berbagai Varietas Tomat Terhadap Pemberian Aluminium Pada Media Kultur Hara*Vegetative Characteristics of Several Tomato Varieties to Aluminum on Nutrient Culture Medium***Dunan Naibaho^{1,2*}, Diana Sofia Hanafiah³**¹Program Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, USU- Medan 20155, Indonesia.²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Nommensen - Medan 20235, Indonesia.³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, USU- Medan 20155, Indonesia.*Corresponding author : naibahodunan1970@gmail.com**ABSTRACT**

This research was aimed to determine the vegetative character of roots and shoot of several tomato varieties to aluminum on nutrient culture media. This research was conducted in the greenhouse at Faculty of Agriculture, Universitas Sumatera Utara from December 2017 until February 2018. This study used Factorial Randomized Block Design (RBD) with varieties factor (V1 = Timothy Variety; V2 = Fortuna Variety; V3 = Pandawa Lima Variety; V4 = Citra Asia Variety; V5 = Trico Variety) and aluminum concentration (0 g; 1.5 g; 3.0 g). Parameters of this research include plant height, root length, relative root length, fresh and dry weight of root, fresh and dry weight of shoot, dry weight relative of root and shoot, and root volume of tomato plants. Data analysis using IBM SPSS Statistics v.20. The results showed that timoty varieties (V1) very significant differences in plant height, fresh weight of root, fresh weight of shoot, dry weight of root, relative root length and significant effect to root volume on nutrient culture media. Treatment aluminum to nutrient culture media showed very significant difference to plant height, root length, fresh weight of root, dry weight of root, dry weight of shoot, root volume, relative root dry weight, and significant effect to relative shoot dry weight. The treatment Al 3 g shows the lowest value on all variables.

Keywords: Aluminum, Nutrient Culture, Tomatoes, Vegetative.

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter vegetatif akar dan tajuk beberapa varietas tomat terhadap pemberian aluminium pada media kultur hara. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara dari Desember 2017 sampai dengan Februari 2018. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan faktor varietas (V1=Varietas Timothy; V2=Varietas Fortuna; V3=Varietas Pandawa Lima; V4=Varietas Citra Asia; V5=Varietas Trico) dan konsentrasi aluminium (0 g; 1,5 g; 3,0 g). Parameter penelitian ini antara lain tinggi tanaman, panjang akar, panjang akar relatif, bobot basah dan kering akar, bobot basah dan kering tajuk, bobot kering akar dan tajuk relatif, dan volume akar tanaman tomat. Analisis data menggunakan IBM SPSS Statistics v.20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varietas timoty (V1) menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap tinggi tanaman, bobot basah akar, bobot basah tajuk, bobot kering akar, panjang akar relatif dan berpengaruh nyata pada volume akar pada media kultur hara. Pemberian aluminium pada media kultur hara menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap tinggi tanaman, panjang akar, bobot basah akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, volume akar, bobot kering akar relatif, dan berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk relatif. Perlakuan Al 3 g menunjukkan nilai terendah pada semua variabel.

Kata kunci : Aluminium, Kultur Hara, Tomat, Vegetatif.

PENDAHULUAN

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) termasuk dalam famili *Solanaceae* merupakan tanaman sayuran berasal dari kawasan Meksiko sampai Peru dan merupakan salah satu tanaman hortikultura penting di Indonesia. Buahnya mengandung sumber vitamin dan mineral, penggunaannya semakin luas, karena selain dikonsumsi sebagai tomat segar dan untuk bumbumasakan, juga dapat diolah lebih lanjut sebagai bahan baku industri makanan seperti sari buah dan saus tomat. Sekarang tomat sudah sedemikian berkembang, kultivar-kultivar modern atau hibrida dapat tumbuh dengan baik dan berproduksi di lingkungan iklim yang jauh berbeda dari tempat asalnya (Wasonowati, 2011).

Permintaan akan komoditas tomat selalu meningkat setiap tahunnya. Bertambahnya populasi penduduk dari tahun ke tahun serta membaiknya tingkat pendapatan dan adanya kesadaran masyarakat akan pentingnya gizi dapat mengakibatkan permintaan akan buah-buahan dan sayur-sayuran meningkat di masa mendatang dan menuntut peningkatan produksi dan produktivitas tomat yang tinggi (BPS, 2014).

Usaha pemenuhan kebutuhan tomat menghadapi kendala berupa semakin sempitnya lahan subur yang terdapat di Indonesia terutama di Pulau Jawa akibat penggunaan lahan tersebut menjadi lahan non pertanian. Usaha meningkatkan produksi tomat dapat dilakukan peningkatan produktivitas dan perluasan areal tanam. Upaya peningkatan produktivitas tomat dapat ditempuh melalui penggunaan teknik budidaya yang sesuai dan penanaman varietas unggul. Menurut Arsyad dan Sembiring, (2003) peningkatan produktivitas dapat diupayakan melalui penggunaan varietas unggul yang adaptif dan berpotensi hasil baik terhadap agroekologi daerah. Perluasan areal dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan-lahan sub optimal (marjinal), misalnya perluasan tanam pada tanah masam. Budidaya tanaman tomat ditanah masam sebagai usaha

ekstensifikasi selalu mengalami hambatan karena kandungan aluminium yang tinggi mengganggu pertumbuhan tanaman. Aluminium merupakan ion rhizotoksik yang menghambat pertumbuhan dan produktivitas tanaman di tanah mineral masam.

Akar merupakan organ tanaman yang pertama terpapar cekaman aluminium. Keracunan Al pada tanaman menghambat pertumbuhan akar (Zhang *et al.* 2007) sehingga menghambat pertumbuhan dan hasil. Penghambatan pertumbuhan tanaman menyebabkan akar pendek dan tebal. Gejala-gejala yang terlihat pada tumbuhan yang keracunan Al antara lain pertumbuhan akar terhambat, terjadi klorosis, defisiensi nutrisi, dan tanaman menjadi kerdil, sejalan dengan hasil penelitian Purnomo *et al.* (2007) penapisan berdasarkan panjang akar dan bobot kering akar pada fase vegetative memperlihatkan tanggap yang berbeda antar genotip terhadap berbagai tingkat kejenuhan aluminium.

Alternatif menarik dan dianggap sebagai metode terbaik dengan biaya relatif murah adalah penyediaan materi genetik yang toleran terhadap keracunan Al melalui seleksi keragaman genetik spesies tanaman, diikuti dengan perakitan varietas unggul toleran Al. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter vegetatif akar dan tajuk beberapa varietas tomat terhadap pemberian aluminium pada media kultur hara.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Lokasi dan Bahan Tanam

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2017 sampai dengan Februari 2018. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan faktor varietas (V1=Varietas Timothy; V2=Varietas Fortuna; V3=Varietas Pandawa Lima; V4=Varietas Citra Asia; V5=Varietas Trico) dan konsentrasi aluminium (0 g; 1,5 g; 3,0 g). Setiap perlakuan dibuat 3 ulangan.

Pembuatan Larutan

Pembuatan larutan stok dilakukan dengan menimbang bahan-bahan kimia yang sesuai dengan komposisi larutan Ohki, (1997) dimana komposisi hara lengkap sebagai berikut: 1.5 mM Ca (NO₃)₂ · 4H₂O; 1.0 mM NH₄NO₃; 1.0 mM KCl; 0.4 mM MgSO₄ · 7H₂O; 1.0 mM KH₂PO₄; 0.50 ppm MnSO₄ · H₂O; 0.02 ppm CuSO₄ · 5H₂O; 0.05 ppm ZnSO₄ · 7H₂O; 0.50 ppm H₃BO₃; 0.01 ppm NH₄MoO₇ · O₂₄ · 4H₂O; 0.068 mM Fe(C₆H₇O₇); pH 4.0 dan Al 1.50 mM. kemudian dilarutkan dengan 1 liter aquades dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sampai homogen (sampai bening), kemudian dimasukkan ke dalam botol duraschoot. Untuk larutan stok cekaman yaitu dengan menimbang aluminium 0 mM AlCl₃, 0,5mM AlCl₃, 0,10mM AlCl₃, 0,15mM AlCl₃ dan dilarutkan dengan akuades.

Pembuatan Media Arang

Pembuatan media arang dilakukan pada seedbag dengan ukuran 40 x 40 cm, dengan tujuan untuk mengecambahkan benih tanaman tomat sebelum ditanam pada media kultur hara.

Penanaman pada Media Arang

Benih tomat dikecambahkan pada media arang selama 21 hari. Selama proses pengecambahan media disiram pagi dan sore hari sampai media menjadi lembab.

Persiapan Media Tumbuh Kultur Hara

Media tumbuh kultur hara digunakan stopples plastik berwarna hitam dengan volume akuades 2 liter atau dengan ketinggian 20 cm,. Disiapkan aerator yang membantu ketersediaan oksigen dalam air. Stayrofoam digunakan sebagai penopang pada tumbuh tegaknya tanaman tomat diatas permukaan air.

Pembuatan Larutan Media Kultur Hara

Media tanam disiapkan larutan hara sebanyak 2 L/stoples,.Perlakuan konsentrasi Aluminium ditambahkan pada larutan hara. pH dari larutan kultur hara diukur dengan menggunakan pH meter dan diatur hingga mendekati pH 4.0 dan 5,0 (Sihaloho, 2012).

Penanaman pada Media Kultur Hara

Benih tomat yang telah disemai menggunakan arang hingga berumur 21 hari setelah semai (HSS) kemudian dipindahkan pada media kultur dengan memilih bibit yang memiliki pertumbuhan bagus dan diusahakan kecambah digunakan yang seragam. Bibit tanaman tomat dipindahkan dengan cara memisahkan bibit dari media tanam menempel serta mencuci akar hingga bersih. Pangkal batang biji bibit tomat kemudian diapungkan pada media kultur yang telah diberi penyangga *stayrofoam*.

Parameter dan Analisis Data

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah tinggi tanaman, panjang akar, panjang akar relatif, bobot basah dan kering akar, bobot basah dan kering tajuk, bobot kering akar dan tajuk relatif, dan volume akar. Pengukuran tinggi tanaman (cm) dan panjang akar (cm) dilakukan pada saat bibit berumur 3 MST dari pengecambahan di media arang dan parameter lainnya dilakukan pada 2 minggu setelah perlakuan (MSP) di media kultur hara. Bobot kering tajuk dan akar dioven pada suhu 60°C selama 48 jam. Panjang akar relatif dihitung menggunakan persamaan (1), bobot kering akar dan tajuk relatif dihitung menggunakan persamaan (2) dan (3).

Semua parameter penelitian ini dianalisis menggunakan ANOVA dan perlakuan yang nyata dilanjutkan dengan DMRT 5%. Data diolah menggunakan software IBM SPSS Statistics v.20.

$$\% \text{ Panjang Akar Relatif} = \frac{\text{Panjang akar tanaman tomat terpapar aluminium}}{\text{Panjang akar tanaman tomat tanpa terpapar aluminium}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\% \text{ Bobot kering Akar Relatif} = \frac{\text{Bobot kering akar tomat terpapar aluminium}}{\text{Bobot kering akar tomat tanpa terpapar aluminium}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\% \text{ Bobot kering Tajuk Relatif} = \frac{\text{Bobot kering tajuk tomat terpapar aluminium}}{\text{Bobot kering tajuk tomat tanpa terpapar aluminium}} \times 100\% \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) faktor varietas, cekaman aluminium, dan interaksinya pada penelitian dapat dilihat Tabel 1. Cekaman aluminium (Al) pada taraf yang berbeda berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman 2 MSP, panjang akar,

bobot basah akar, bobot basah tajuk, bobot kering akar, bobot kering tajuk, serta berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk relatif. Interaksi varietas x cekaman aluminium berpengaruh sangat nyata terhadap bobot basah akar dan berpengaruh nyata terhadap variabel volume akar, namun tidak berpengaruh nyata terhadap variabel lainnya.

Tabel 1. Hasil analisis sidik ragam faktor karakter vegetatif berbagai varietas tomat tercekam aluminium

Paramater	Kuadrat Tengah (KT)		
	Varietas	Aluminium	Varietas x Aluminium
Tinggi Tanaman (3 MST)	49,56**	3,21	1,04
Tinggi Tanaman (2 MSP)	49,94**	56,82**	2,55
Panjang Akar (3 MST)	9,46	15,43	10,41
Panjang Akar (2 MSP)	106,24	7423,09**	3,29
Bobot Basah Akar	0,14**	5,16**	0,09**
Bobot Kering Akar	2,94**	0,002**	2,44
Bobot Basah Tajuk	0,31**	1,70**	0,02
Bobot Kering Tajuk	0,03	0,08**	0,001
Volume Akar	0,32**	4,74**	0,10*
Panjang Akar Relatif	0,079**	0,01	0,003
Bobot Kering Akar Relatif	169,15	2557,26**	200,40
Bobot Kering Tajuk Relatif	0,02	0,22*	0,02

Tabel 2. Karakter vegetatif berbagai varietas tanaman tomat.

Paramater	Varietas				
	Timothy	Fortuna	Pandawa Lima	Citra Asia	Trico
Tinggi Tanaman (3 MST)	17,72 c	23,41 a	17,62 c	19,82 b	19,55 b
Tinggi Tanaman (2 MSP)	25,88 a	19,95 d	18,75 e	22,36 b	21,25 c
Panjang Akar (3 MST)	16,17 a	17,56 a	16,84 a	16,47 a	18,74 a
Panjang Akar (2 MSP)	37,91 a	32,97 ab	28,87 b	31,55 ab	30,57 ab
Volume Akar	30,95 a	30,53 bc	30,48 c	30,70 c	30,55 bc
Panjang Akar Relatif	1,69 a	1,59 ab	1,57 ab	1,51 b	1,37 c
Bobot Basah Akar	0,92 a	0,67 bc	0,64 c	0,74 b	0,60 c
Bobot Kering Akar	0,03 a	0,02 b	0,02 b	0,02 b	0,02 b
Bobot Basah Tajuk	0,97 a	0,71 b	0,46 c	0,76 b	0,64 b
Bobot Kering Tajuk	0,31 a	0,09 b	0,06 b	0,07 b	0,07 b
Bobot Kering Akar Relatif	53,88 a	53,77 a	41,83 a	54,45 a	45,00 a
Bobot Kering Tajuk Relatif	52,04 a	52,68 a	40,02 a	46,73 a	41,65 a

Keterangan : Data yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Varietas V1 (Timothy) memberikan pertumbuhan yang tertinggi yang berbeda nyata dengan varietas lainnya pada variabel tinggi tanaman pada umur 3 MST, 2 MSP, panjang akar pada umur 2 MSP, panjang akar relatif, volume akar, dan rasio akar tajuk kemudian diikuti varietas Citra Asia (V4) sedangkan pertumbuhan yang terendah terdapat pada varietas Pandawa Lima (V3). Bobot basah akar, tajuk dan bobot kering akar, tajuk serta bobot kering akar relatif tertinggi terdapat pada varietas Timothy dan terendah terdapat pada varietas Pandawa lima yang berbeda nyata dengan varietas lainnya namun pada variabel bobot kering tajuk relatif tidak memberikan perbedaan yang nyata.

Pemberian aluminium 0 g pada variabel vegetatif memiliki tinggi tanaman 2 MSP, panjang akar 2 MSP, dan volume akar yang berbeda nyata dengan konsentrasi lainnya. Bobot basah dan bobot kering akar yang tertinggi diperoleh pada perlakuan kontrol (0 g), dan terendah pada perlakuan pemberian Aluminium konsentrasi 3 g.

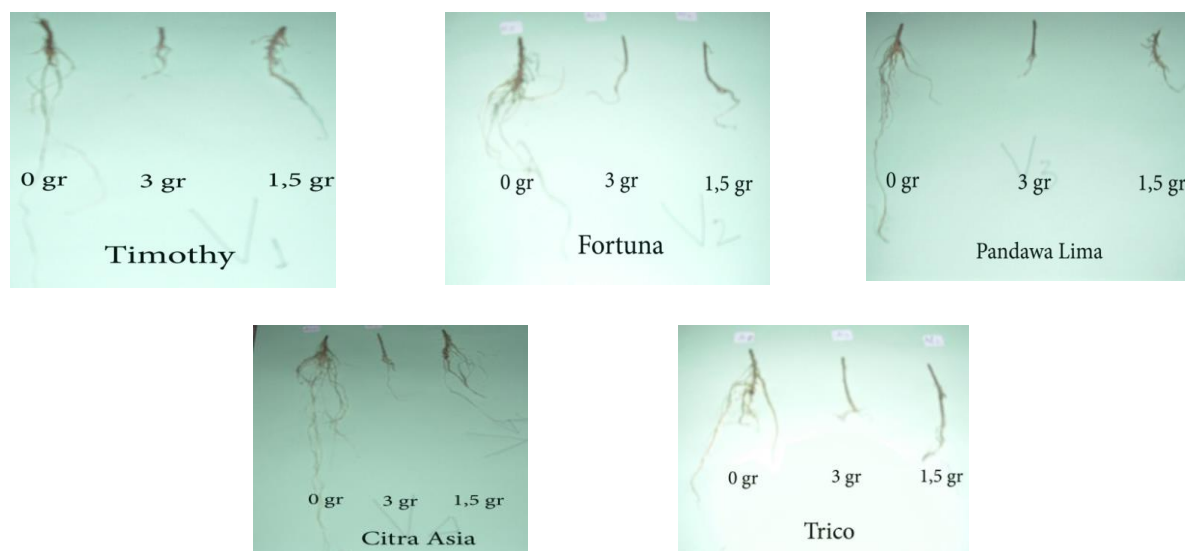
Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan varietas memberikan respon yang sangat nyata terhadap variabel tinggi tanaman

2 MSP, panjang akar 2 MSP, bobot basah akar, bobot basah tajuk, bobot kering akar, panjang akar relatif dan memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel volume akar. Dari hasil rata-rata varietas diperoleh varietas timoty (V1) memberikan respon terbaik atau tertinggi terhadap karakter vegetatif tanaman (tinggi tanaman yaitu sebesar 25,88 cm, panjang akar 37,91 cm, panjang akar relatif 1,69%, volume akar 30,95 ml) sedangkan varietas yang memiliki nilai terendah dimiliki varietas pandawa lima (V3) dengan tinggi tanaman 17,62 cm, panjang akar 28,87 cm, volume akar 30,38 ml, namun untuk panjang akar relatif terendah terdapat pada varietas trico (V5). Karakter produksi varietas timoty (V1) memiliki nilai tertinggi terhadap variabel bobot basah akar sebesar 0,92 g, bobot basah tajuk 0,97 g, bobot kering akar 0,03 g, dan bobot kering tajuk 0,31 g sedangkan nilai terendah dimiliki varietas V3 (pandawa lima) dengan bobot basah akar 0,64 g, bobot basah tajuk 0,46 g, bobot kering tajuk 0,06 g, sedang pada bobot kering akar terendah varietas V2, V3, V4 dan V5 mempunyai bobot yang sama yaitu sebesar 0,02g.

Tabel 3. Karakter vegetatif tanaman tomat terhadap cekaman aluminium

Paramater	Aluminium		
	0 g	1,5 g	3 g
Tinggi Tanaman (3 MST)	19,83 a	19,90 a	19,10 a
Tinggi Tanaman (2 MSP)	23,52 a	21,15 b	19,66 c
Panjang Akar (3 MST)	18,28 a	16,30 a	16,90 a
Panjang Akar (2 MSP)	58,02 a	20,64 b	18,44 b
Bobot Basah Akar	1,38 a	0,45 b	0,31 c
Bobot Kering Akar	0,04 a	0,02 b	0,01 c
Bobot Basah Tajuk	1,09 a	0,60 b	0,44 c
Bobot Kering Tajuk	0,85 a	0,76 b	0,71 c
Volume Akar	31,29 a	30,37 b	30,27 b
Panjang Akar Relatif	-	1,57 a	1,52 a
Bobot Kering Akar Relatif	-	60,02 a	41,55 b
Bobot Kering Tajuk Relatif	-	1,70 a	1,53 b

Keterangan : Data yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.



Gambar 1. Perbedaan panjang akar beberapa varietas tomat secara visual terhadap cekaman Al pada media kultur hara. V1=Varietas Timothy; V2=Varietas Fortuna; V3=Varietas Pandawa Lima; V4=Varietas Citra Asia; V5=Varietas Trico.

Kemampuan varietas timothy memberikan nilai tertinggi terhadap panjang akar dan tinggi tanaman, bobot basah bobot kering, panjang akar relatif dan volume akar diduga disebabkan kemampuan perakaran genotip ini untuk beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya menurut tanaman yang mampu beradaptasi pada Al yang tinggi disebabkan tanaman tersebut memiliki suatu mekanisme tertentu untuk menekan pengaruh buruk Al sehingga tidak mengganggu serapan hara dan air dan juga mampu mengefisiensikannya. Efisiensi ini berupa efisiensi proses absorpsi, reduksi, translokasi, dan redistribusi hara.

Mekanisme toleransi Al pada dasarnya diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu (1) mekanisme apoplastik (apoplastic mechanism), yaitu pencegahan (exclusion) ion Al^{3+} memasuki sel apikal akar (root apical cells) yang berada dekat ujung akar; (2) mekanisme simplastik (symplastic mechanism), yaitu penetralan atau penghilangan efek racun ion Al^{3+} yang telah memasuki sel apikal akar (detoxification of internal Al) (Kochian *et al*, 2004) Mekanisme eksklusion pada tanaman tomat juga telah dilaporkan Surapu *et al*, (2014)

dimana terjadi kerusakan DNA pada perkecambahan tomat akibat cekaman Al.

Penurunan pertumbuhan akar pada varietas lainnya V2 (fortuna), V3 (pandawa lima), V4 (citra asia), dan V5 (trico) terhadap cekaman Aluminium disebabkan oleh penghambatan pertumbuhan dan perkembangan perakaran V2, V3, V4 dan V5 tersebut terbentuknya ikatan antara Aluminium dengan membran plasma akar dan pada dinding sel akar (Matsumoto *et al*, 1991) yang dapat menggantikan kedudukan Ca pada lamella tengah dan dapat menyebabkan terhambatnya pembelahan sel dan fungsi akar dimana Al yang terakumulasi dalam sel terdapat pada dinding dan membran sel yang berikatan dengan senyawa-senyawa fosfolipid di membran sel dan mengganggu permeabilitas membran sehingga mengganggu penyerapan hara yang diatur oleh pompa proton. Menurut Rengel, (2000) Rusaknya perakaran mengakibatkan terhambatnya absorpsi hara dan air dari dalam tanah sehingga pertumbuhan perakaran yang tidak sempurna menyebabkan sistem perakaran menjadi lebih dangkal dan menjadi lebih peka terhadap kekeringan.

Pertumbuhan yang baik akan menunjukkan nilai vegetatif yang tinggi diikuti

dengan produksinya. Terhambatnya pembentukan akar pada tanaman yang mengalami cekaman Al juga telah dilaporkan Hanum *et al*, (2009) pada tanaman kedelai; Utama, (2010) pada tanaman padi yang melaporkan bahwa cekaman Aluminium menyebabkan terjadinya penurunan panjang akar. Menurut Foy, (1983) bahwa pada konsentrasi Aluminium yang rendah pada tanah mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Melalui mekanisme fisiologi dengan cekaman lingkungan. Ada beberapa strategi yang dapat dikembangkan tanaman untuk beradaptasi pada tanah masam dengan Aluminium tinggi yaitu; (a) kemampuan tanaman mengubah pH di sekitar daerah perakaran, (b) preferensi terhadap penyerapan nitrat dan amonium, (c) peningkatan aktivitas enzim spesifik. Meskipun proses metabolisme dan pertumbuhan tanaman dihambat oleh aluminium, namun sampai ambang batas tertentu pengaruh aluminium dapat ditoleransi oleh tanaman yang toleran (Soepandie, 1999).

Akumulasi Al yang tinggi pada inti sel tudung akar yang menghambat pertumbuhan akar merupakan akibat dari kerusakan sel tudung akar yang berfungsi sebagai sensor terhadap cekaman lingkungan Marschner (1995). Hal ini menyebabkan permukaan akar berwarna coklat kekuningan, berbintik dan mudah patah. Hal ini dapat dilihat bahwa pada varietas V1, V2, V3, V4, dan V5 terlihat bawa akar berwarna coklat kekuningan, pendek dan bulat. Akibat dari hal tersebut variabel-variabel bobot basah akar, bobot kering tajuk, volume akar bobot kering relatif akar dan tajuk serta panjang akar relatif memberikan penurunan dan juga terhadap variabel lainnya.

SIMPULAN

Varietas timoty (V1) menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap tinggi tanaman, bobot basah akar, bobot basah tajuk, bobot kering akar, panjang akar relatif dan berpengaruh nyata pada volume akar pada media kultur hara. Pemberian aluminium pada media kultur hara menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap tinggi tanaman,

panjang akar, bobot basah akar, bobot kering akar, bobot kering tajuk, volume akar, bobot kering akar relatif, dan berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk relatif. Perlakuan Al 3 g menunjukkan nilai terendah pada semua variabel

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Keuangan melalui LPDP yang sudah membantu dana penelitian dan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara yang telah mendukung penelitian ini dalam penyediaan lahan maupun alat-alat laboratorium serta kepada Koko Tampubolon yang sudah membantu penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad DM, & H Sembiring. 2003. Pengembangan Tanaman Kacang-Kacangan di Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 22 (1): 9-15.
- Badan Pusat Statistik. 2014. Produksi Tomat Menurut Provinsi, 2010-2014. Jakarta.
- Foy CD. 1983. The physiology of Plant Adaptation to Mineral Stress. *J.Res.* 57: 355-342.
- Hanum C. 2008. Teknik Budidaya Tanaman Jilid 3. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah kejuruan . Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta
- Kochian LV, MA Pineros, & OA Hoekenga. 2005. The Physiology, Genetics and Molecular Biology of Plant Aluminum Resistance and Toxicity. *Plant and Soil*, 274 (1-2): 175-195. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-1158-7>.
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd. Academic Press Harcourt Brace & Company, London. 889 p.

- Matsumoto H. 1991. Biochemical Mechanism of the Toxicity of Aluminium and the Sequestration of Aluminium in Plant Cells. *dalam* Wright et al. (Eds). Plant Soil Interaction at Low pH. Netherlands: Kluwer Academic Publ. hlm. 825- 836.
- Purnomo DW, BS Purwoko, S Yahya, S Sujiprihati, & Amisnaipa. 2007. Penapisan Genotipe Cabai (*Capsicum annum* L) Toleran Aluminium berdasarkan Perbedaan Panjang Akar pada Fase Vegetatif. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 14 (1).
- Rengel Z. 2000. Mineral Nutrition of Crops, Fundamental Mechanisms and Implications. Food Products Press. Binghamton, New York.
- Sihaloho AN, Trikoesoemanigtyas, D Soepandie, & D Wirnas. 2015. Identifikasi Aksi Gen Epistasis pada Toleransi Kedelai terhadap Cekaman Aluminium. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 43 (1): 30–35. <http://dx.doi.org/10.24831/jai.v43i1.9587>.
- Sopandie D, M Yusuf, & TD Setyono. 2000. Adaptasi Kedelai (*Glycine max* Merr.) terhadap Cekaman pH Rendah dan Aluminium: Analisis pertumbuhan akar. *Comm. Ag*, 5 (2): 61-69.